

## ⑫ 公開特許公報(A)

昭61-217531

⑤ Int.Cl.<sup>4</sup>

C 21 D 9/573

識別記号

1 0 1

庁内整理番号

7371-4K

④ 公開 昭和61年(1986)9月27日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全7頁)

⑥ 発明の名称 鋼帯の冷却方法

① 特 願 昭60-56094

② 出 願 昭60(1985)3月22日

⑦ 発 明 者 飯 田 祐 弘 倉敷市水島川崎通1丁目(番地なし) 川崎製鉄株式会社  
水島製鉄所内

⑧ 出 願 人 川崎製鉄株式会社 神戸市中央区北本町通1丁目1番28号

⑨ 代 理 人 弁理士 杉村 暁秀 外1名

## 明 細 書

1. 発明の名称 鋼帯の冷却方法

2. 特許請求の範囲

1. 連続熱処理ラインの冷却ゾーンを通過させた鋼帯を、冷却水槽内に浸漬して最終冷却する際、

冷却水槽の最初のシンクロールに鋼帯が接触するまでの間に、該鋼帯に冷却水槽内の水中噴射ノズルによる冷却水の噴射を施し、シンクロール表面との間に挟在する水膜の蒸散を防止する鋼帯温度に制御して、鋼帯に最終冷却を施すことを特徴とする鋼帯の冷却方法。

2. 水中噴射ノズル群による冷却水の噴射が、下記式で与えられる冷却長さによるものである特許請求の範囲第1項記載の鋼帯の冷却方法。

記

$$l \geq \frac{\rho \cdot C_p \cdot v \cdot d}{2 \alpha} \cdot \ln \left( \frac{T_s - T_w}{120 - T_w} \right)$$

$l$  : 水中噴射ノズルによる冷却水噴射

で鋼帯を冷却する冷却長さ(m)

 $T_s$  : 鋼帯の冷却水槽入側温度(℃) $T_w$  : 冷却水の温度(℃) $C_p$  : 鋼帯の比熱(kcal/kg℃) $v$  : 鋼帯速度(m/h) $d$  : 鋼帯の板厚(m) $\alpha$  : 熱伝達係数  
(8,500~10,500 kcal/m<sup>2</sup>h℃) $\rho$  : 鋼帯の密度(kg/m<sup>3</sup>)

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

鋼帯の連続熱処理ラインの冷却ゾーンを通過させた鋼帯を、冷却水槽内に浸漬して最終冷却する鋼帯の冷却方法の改良に関し、この明細書で述べる技術内容は、この最終冷却でしばしば発生する鋼帯の表面不良を、所要の動力経費の削減と適切な熱回収の下で、有効に回避することについての開発成果を提案するところである。

(従来技術)

従来、鋼帯の連続焼鈍炉あるいは、連続熱処理

炉における最終冷却は、鋼帯を冷却水槽内に連続して浸漬して冷却するという方法がとられている。

通常冷却水槽には、水温検出器、冷却水供給ポンプおよび温度制御装置を設置し、冷却水槽内に浸漬した鋼帯を、所定の温度に冷却するとともに、鋼帯のもつ熱エネルギーを冷却水に付与して、この冷却水を一定の高温水として回収するような温度制御がなされている。

この点例えば特公昭57-11933が参照され得る。  
(発明が解決しようとする問題点)

ところで上述したように鋼帯を冷却水槽に浸漬して冷却した場合、しばしば鋼帯に表面不良が発生することがあった。

とくに冷却水槽入側における鋼帯温度が高いほど、また処理量が多いほど発生し易かった。

これは、冷却水槽内に浸漬した高温の鋼帯が、最初のシンクロールに接触するまでの間に、十分冷却されずに巻き付くため、鋼帯とシンクロールの間隙に存在する水膜が蒸発し、水膜中に含まれていた汚濁物が鋼帯表面に付着することに起因す

る。

従って、シンクロールに巻き付くときの鋼帯温度を下げるためには、鋼帯の冷却水槽入側温度をあらかじめ十分に下げるか、冷却水槽設備をより大きいものとし、鋼帯が最初のシンクロールに達するまでに十分冷却できるような操業が必要であった。

しかし単に鋼帯の温度を下げて冷却水槽に浸漬すれば、冷却水を高温水として回収できないばかりか、冷却水槽前に設置されている冷却帯での消費電力量の増大につながり、また、大きな冷却水槽設備とすれば、設備コストが高むという不具合があった。

この発明は、鋼帯を冷却水槽内に浸漬して最終冷却する際に生じるこのような不具合を、鋼帯の表面不良の発生なしに、かつ、所望の動力経費の削減と適切な熱回収の下で有効に回避することを目的としている。

(問題点を解決するための手段)

この発明は、連続熱処理ラインの冷却ゾーンを

通過させた鋼帯を、冷却水槽内に浸漬して最終冷却する際、

冷却水槽の最初のシンクロールに鋼帯が接触するまでの間に、該鋼帯に冷却水槽内の水中噴射ノズル群による冷却水の噴射を施し、シンクロール表面との間に挟在する水膜の蒸散を防止する鋼帯温度に制御して鋼帯に最終冷却を施すことを特徴とする鋼帯の冷却方法である。

上記水中噴射ノズル群による冷却水の噴射は、次式

$$l \geq \frac{\rho \cdot C_p \cdot v \cdot d}{2 \alpha} \cdot l_n \left( \frac{T_s - T_w}{120 - T_w} \right)$$

$l$  : 水中噴射ノズルによる冷却水噴射で鋼帯を冷却する冷却長さ(m)

$T_s$  : 鋼帯の冷却水槽入側温度(℃)

$T_w$  : 冷却水の温度(℃)

$C_p$  : 鋼帯の比熱(kcal/kg℃)

$v$  : 鋼帯速度(m/h)

$d$  : 鋼帯の板厚(m)

$\alpha$  : 熱伝達係数  
(8,500~10,500 kcal/m<sup>2</sup>h℃)

$\rho$  : 鋼帯の密度(kg/m<sup>3</sup>)

で与えられることが好ましい。

第1図は、この発明による鋼帯の冷却を行うための1例を示したもので、1は冷却水槽、2はシンクロール、3は水温計、4は水温を制御する温度制御装置、5は冷却水供給ポンプであり、6は排水管、7は鋼帯、8は冷却水供給管、9は水中噴射ノズル、そして10は冷却水槽1の冷却水を循環する水中噴射ポンプである。

冷却水槽1に浸漬した鋼帯7は、最初のシンクロール2に達するまでに、噴射ノズル9より噴射する冷却水にて冷却されるのである。

(作 用)

鋼帯7を冷却水槽1に浸漬して冷却する場合の冷却状況を把握するため、以下に説明する実験を行った。

まず厚みの異なる鋼板にそれぞれ熱電対を取付け、200 ~ 300℃程度に加熱し、冷却水槽に浸漬した。表-1は、加熱した鋼帯を、単に冷却水槽に浸漬して冷却した場合の結果であり、また、表-2

は、浸漬後水中噴射ノズルより、冷却水を噴射して冷却した場合の結果である。

表-1

鋼板の厚み (mm)	冷却開始 温度 (℃)	冷却水温度 (℃)	熱伝達係数 $\alpha$ ( $\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \text{h} \text{℃}}$ )
0.5	200	80	4800
	250	80	5300
1.0	200	75	5450
	200	85	4850
1.5	300	90	5050
	250	85	5100
	200	85	4950
平均熱伝達 係数 $\alpha_i$			5000

表-2

鋼板の厚み (mm)	冷却開始 温度 (℃)	冷却水温度 (℃)	熱伝達係数 $\alpha$ ( $\frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \text{h} \text{℃}}$ )
0.5	200	80	10100
	250	75	9700
1.0	200	80	8500
	200	90	8300
1.5	300	85	9800
	250	80	10500
	200	85	9600
平均熱伝達 係数 $\alpha_z$			9500

表-1、表-2に示すように、鋼板の厚み、冷却水温度にあまり関係なく、単に冷却水槽に浸漬して冷却した場合、平均熱伝達係数  $\alpha_i$  は約5000 ( $\text{kcal}/\text{m}^2 \text{h} \text{℃}$ ) が得られ、水中噴射ノズルによる冷却の場合、平均熱伝達係数  $\alpha_z$  は約9500 ( $\text{kcal}/\text{m}^2 \text{h} \text{℃}$ ) が得られた。

上記結果より鋼板に冷却水を噴射して冷却した場合では、単に冷却水槽内に浸漬して冷却した倍と比較し、熱伝達を飛躍的に向上させることができる。

従って、鋼帯7を冷却水槽1に浸漬して冷却する場合、最初のシンクロール2に達するまでに、水中噴射ノズルより噴射する冷却水を、鋼帯7に吹き付ければ、高温の鋼帯を冷却水槽1に浸漬させて、冷却しても速やかに冷却することが可能である。

ここで噴射ノズル9より噴射する冷却水は以下の条件を満足するような制御が必要である。

まず第2図は、鋼帯の冷却水槽入側温度  $T_s = 200 \sim 300^\circ\text{C}$ 、冷却水温度  $T_w = 70 \sim 90^\circ\text{C}$  とした場合、汚れの付着の有無を調べた結果を示したグラフである。鋼帯の表面不良は、鋼帯速度 ( $v/60$ )  $\times$  鋼帯の板厚 ( $d \times 10^3$ ) の大きさに拘らず、最初のシンクロールに接触するときの鋼帯温度  $T_s'$  が、 $120^\circ\text{C}$  程度以上の場合に発生していることがわかる。

最初のシンクロール2に接触するときの鋼帯温度  $T_s'$  は、下記式で与えられる。

$$T_s' = T_w + (T_s - T_w) \exp \left\{ - \frac{2 \cdot \alpha \cdot \ell}{\rho \cdot C_p \cdot v \cdot d} \right\} \quad \dots (1)$$

ここで

$T_s$  : 鋼帯の冷却水槽入側温度 ( $^\circ\text{C}$ )

$T_s'$  : シンクロール接触開始時の鋼帯温度 ( $^\circ\text{C}$ )

$T_w$  : 冷却水の温度 ( $^\circ\text{C}$ )

$C_p$  : 鋼帯の比熱 ( $\text{kcal}/\text{kg} \text{℃}$ )

$\ell$  : 鋼帯が冷却水槽に浸漬してからシンクロールに接するまでの冷却長さ (m)

$v$  : 鋼帯速度 (m/h)

$d$  : 鋼帯の板厚 (m)

$\rho$  : 鋼帯の密度 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

$\alpha$  : 熱伝達係数  
( $8,500 \sim 10,500 \text{ kcal}/\text{m}^2 \text{h} \text{℃}$ )

従って  $T_s' \leq 120^\circ\text{C}$  となるような鋼帯の冷却制御を行えば鋼帯の表面不良は発生しないことになる。

式(1)より

$$120^\circ \geq T_w + (T_s - T_w) \cdot \exp \left\{ - \frac{2 \cdot \alpha \cdot \ell}{\rho \cdot C_p \cdot v \cdot d} \right\} \dots (2)$$

つまり

$$\ell \geq \frac{\rho \cdot C_p \cdot v \cdot d}{2 \alpha} \ln \left( \frac{T_s - T_w}{120 - T_w} \right) \dots (3)$$

ここに実験より得られた平均熱伝達係数  $\alpha_z = 9500$  ( $\text{kcal}/\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C}$ )、ならびに鋼帯密度  $\rho = 7850$

( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) を代入し、

$$\ell \geq \frac{7,850 \cdot C_p \cdot v \cdot d}{19,000} \ln \left( \frac{T_s - T_w}{120 - T_w} \right) \dots (4)$$

となる冷却水温度  $T_w$  ( $^\circ\text{C}$ ) として鋼帯の冷却水槽入側温度  $T_s$ 、鋼帯速度 ( $v$ )  $\times$  板厚 ( $d$ ) より鋼帯の冷却制御を行えばよい。

なおこの時噴射ノズル 9 より噴射する冷却水の噴射流量  $w$  は、 $1(\text{m}^3/\text{min} \cdot \text{m}^2)$  以上また、吐出圧は  $3 \sim 5$  ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ) とする。

第 3 図は、噴射流量  $w$  と熱伝達係数  $\alpha_z$  の関係を示すグラフである。噴射流量  $w$  が  $1(\text{m}^3/\text{min} \cdot \text{m}^2)$  以上であれば熱伝達係数  $\alpha_z$  を  $9000 \sim 10000$  ( $\text{kcal}/\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C}$ ) とすることができる。しかしなが

り噴射する冷却水温度  $T_w$  を制御する例であり、この場合、鋼帯速度 ( $v$ )  $\times$  板厚 ( $d$ ) より、前述した式 (4) から鋼帯の冷却水槽入側温度  $T_s$  および冷却水温度  $T_w$  の関係を演算装置 12 にて演算し、いずれか一方あるいは両方を制御する例である。

第 6 図は、冷却水槽を 2 槽設置した場合で、冷却水槽 1 を通過した鋼帯 7 が、後段水槽 20 の浸漬通過によって目標の鋼帯温度となるように、後段水槽 20 の冷却水温度を制御し、後段水槽 20 よりオーバーフローした冷却水を、冷却水槽 1 にて高温水として排出管 6 より回収可能とした例である。

(実施例)

以下実施例について説明する。

第 4 図に示した制御要領にて、厚さ  $0.5 \sim 1.5\text{mm}$ 、幅  $900 \sim 1400\text{mm}$  の鋼帯を、冷却水温度  $T_w = 80^\circ\text{C}$ 、噴射ノズルによる冷却水噴射で鋼帯を冷却する冷却長さ  $\ell = 1.2\text{m}$ 、{鋼帯速度 ( $V/60$ )  $\text{m}/\text{min} \times$  板厚 ( $d \times 10^3$ )  $\text{mm}$ }  $= 250$ 、および鋼帯の冷却水槽入側温度  $T_s = 350^\circ\text{C}$  とする冷却条件にて冷却した。

冷却帯 16 では、鋼帯の冷却水槽入側温度  $T_s$  が

ら噴射流量  $w$  をしだいに大きくしても熱伝達係数  $\alpha_z$  は飽和に達し、水中噴射のための必要電力量が多くなるだけで効果が小さい。従って噴射流量  $w$  は  $1 \sim 2$  ( $\text{m}^3/\text{min} \cdot \text{m}^2$ ) の範囲で制御するのが望ましい。

次にこの発明による鋼帯の冷却に好適な制御例について説明する。

まず、第 4 図は、水中噴射ノズル 9 より噴射する冷却水温度を、温度検出器 11 にて検出し、この温度  $T_w$  とあらかじめ設定した鋼帯速度 ( $v$ )  $\times$  板厚 ( $d$ ) から、前述した式 (4) にて鋼帯の冷却水槽入側温度  $T_s$  を演算装置 12 にて演算する。そしてこの値と鋼帯温度検出器 14 より得られた値とを比較し、鋼帯の入側温度  $T_s$  が所定の温度となるように温度制御装置 13 より冷却帯 16 にて上限を制限し、噴射ノズルから噴射する冷却水を制御して冷却する例である。

第 5 図は、水中噴射ポンプ 10 の吐出側に熱交換器 17 を設置し、この熱交換器 17 に流入する冷却水の水量を、調節弁 19 にて制御し、噴射ノズル 9 よ

り噴射する冷却水温度  $T_w$  を制御する例であり、この場合、鋼帯速度 ( $v$ )  $\times$  板厚 ( $d$ ) より、前述した式 (4) から鋼帯の冷却水槽入側温度  $T_s$  および冷却水温度  $T_w$  の関係を演算装置 12 にて演算し、いずれか一方あるいは両方を制御する例である。

冷却終了後、鋼帯の表面不良の有無を調べるために目視検査を行ったが、表面不良の発生はなかった。

一方比較のため同一条件で、従来の浸漬冷却を行った。

この場合、冷却帯 16 では鋼帯の冷却水槽入側温度  $T_s$  は  $350^\circ\text{C}$  から  $168^\circ\text{C}$  まで冷却してから冷却水槽 1 に浸漬しなければ、鋼帯の表面不良の発生を防ぐことができなかった。

第 7 図は上記冷却条件で鋼帯 7 の冷却における操業限界を従来の浸漬冷却による操業限界と比較して示したグラフである。

また、第 8 図は冷却帯 16 で使用した電力量を比較したグラフであるが、この発明による鋼帯の冷却では、水中噴射ポンプに使用した電力量を合せても  $0.7\text{KWH}/\text{T}$  程度であり、冷却帯 16 での冷却コストを大巾に削減することができた。

(発明の効果)

この発明によれば冷却水槽内での冷却能力が大

きいため、鋼帯の入側温度が、従来の冷却方法と比較して高温で冷却水槽に浸漬しても、鋼帯の表面不良の発生なしに冷却することが可能で、かつ冷却帯で冷却コストを大幅に削減できる。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は、この発明により鋼帯を冷却する場合の説明図、

第2図は、鋼帯の汚れの付着を調べたグラフ、

第3図は、熱伝達係数 $\alpha$ と噴射流量 $w$ との関係を示すグラフ、

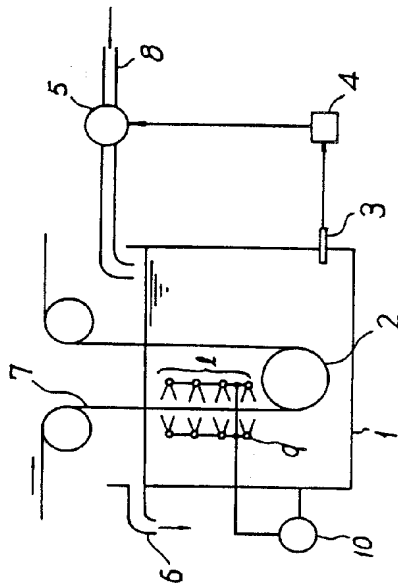
第4図、第5図および第6図は、この発明による鋼帯の冷却制御の説明図、

第7図は、この発明の操業限界と、従来の冷却での操業限界を示すグラフ、

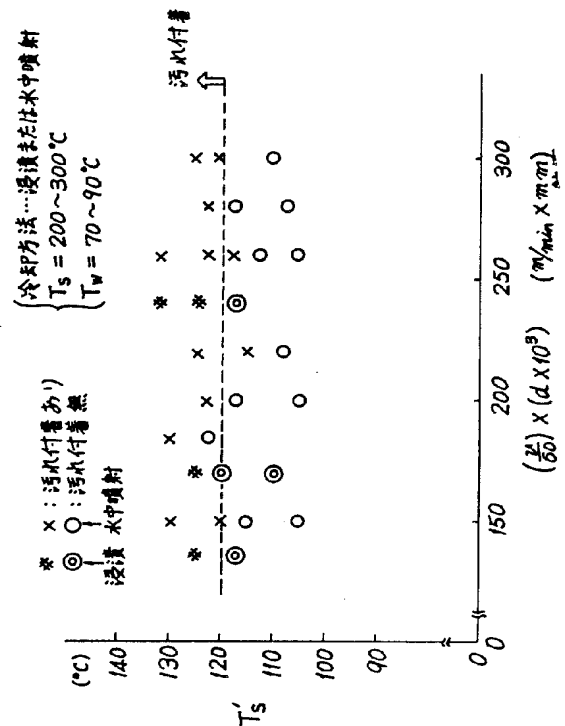
第8図は、従来の冷却帯と本発明で使用した電力量を比較したグラフである。

- |            |          |
|------------|----------|
| 1…冷却水槽     | 2…シンクロール |
| 3…温度計      | 4…温度制御装置 |
| 5…冷却水供給ポンプ | 6…排水管    |
| 7…鋼帯       | 8…冷却帯    |

第1図



第2図

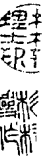


- |             |            |
|-------------|------------|
| 9…水中噴射ノズル   | 10…水中噴射ポンプ |
| 11…冷却水温度検出器 | 12…演算装置    |
| 13…温度制御装置   | 14…鋼帯温度検出器 |
| 15…冷却装置     | 16…冷却帯     |
| 17…熱交換器     | 18…温度制御装置  |
| 19…調節弁      | 20…後段水槽    |

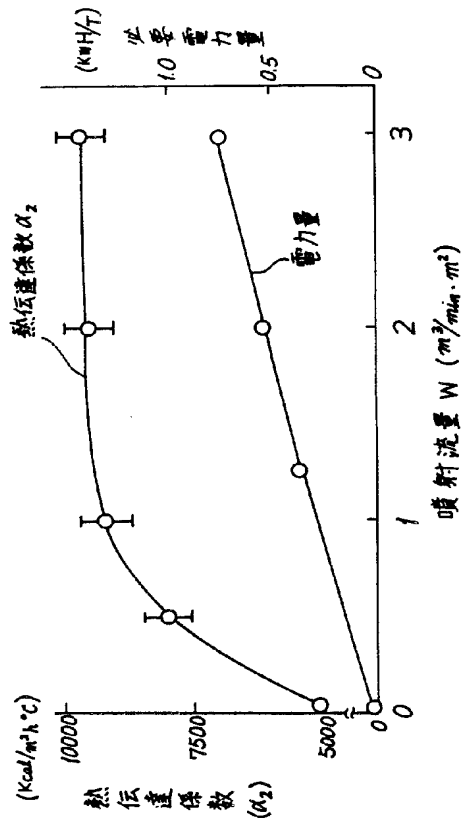
特許出願人 川崎製鉄株式会社

代理人 弁理士 杉村 暁 秀

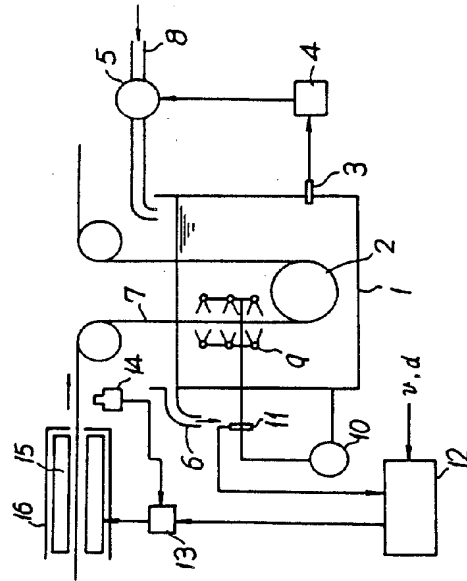
同 弁理士 杉村 興 作



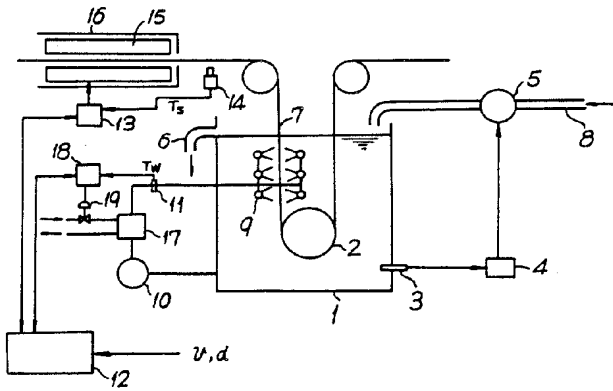
第3図



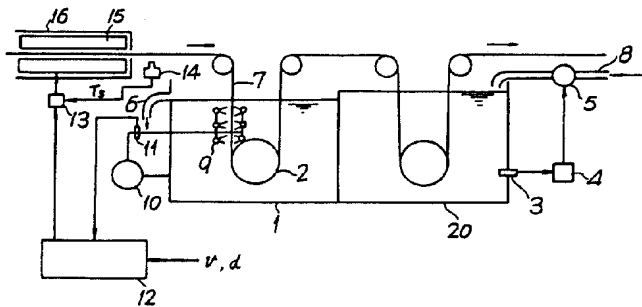
第4図



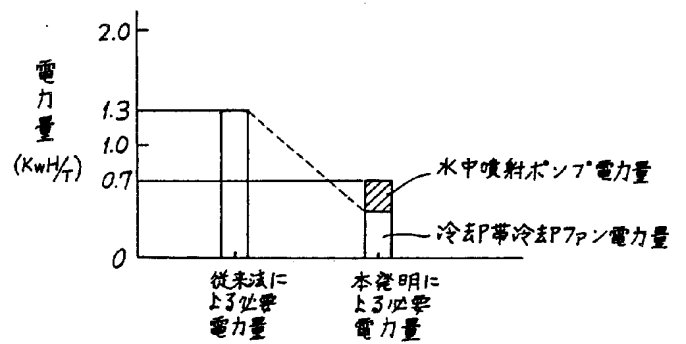
第5図



第6図



第8図



第 7 図

